Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 5, Dec- Jan 2021, p. 803-817

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۵، آذر- دی ۱۴۰۰، ص. ۸۱۷-۸۰۳

مقاله پژوهشی

اثر صمغ قدومه شیرازی بر خصوصیات فیزیکی- شیمیایی پودر دوغ تولیدشده به روش خشک کردن پاششی

نازنین بزازیان[۱]- اکرم آریان‌فر[۲]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۱

چکیده

دوغ، یکی از نوشیدنی‌های سنتی ایرانیان است که از اختلاط ماست با آب و اندکی نمک حاصل می‌شود. تولید و صادرات دوغ به‌عنوان یک نوشیدنی تخمیری بومی ایران در سال‌های اخیر در حال افزایش است. یکی از عوامل موثر بر افزایش ضایعات دوغ، آلودگی ناشی از فعالیت کپک‌ها و مخمرها می‌باشد. از روش‌های رایج افزایش ماندگاری موادغذایی مایع مانند دوغ، خشک کردن با استفاده از خشک‌کن پاششی است که موجب کاهش حجم، هزینه‌های حمل و نقل و کاربری آسان آن می‌گردد. هدف از این پژوهش تولید پودر دوغ به روش خشک کردن پاششی و بررسی اثر صمغ قدومه شیرازی بر خصوصیات فیزیکی-شیمیایی آن می‌باشد. در این پژوهش از ماست ۱/۵ درصد چربی، نمک و آب مقطر به همراه صمغ دانه قدومه شیرازی در غلظت‌های مختلف ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲ درصد به‌منظور تولید پودر دوغ استفاده شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی پودر دوغ مانند pH، اسیدیته، ماده خشک، رطوبت، دوفاز شدن، حلالیت، پخش‌شوندگی، دمای انتقال شیشه‌ای و اندازه ذرات پودر بررسی گردید. پودر دوغ با استفاده از دستگاه خشک‌کن پاششی نیمه صنعتی با ظرفیت ۶ لیتر در ساعت و نازل نوع دو سیاله با دبی خوراک ورودی ۴۴/۵ میلی‌لیتر در دقیقه و دمای هوای ورودی خشک‌کن ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد تولید شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SPSS باحداقل اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها با احتمال ۹۵٪ انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت صمغ قدومه شیرازی، میزان رطوبت پودر دوغ کاهش یافت. میزان اسیدیته، حلالیت، پخش‌شوندگی، اندازه ذرات و دمای انتقال شیشه‌ای پودر دوغ، افزایش و میزان دو فاز شدن کاهش یافت که نشان‌دهنده افزایش پایداری دوغ بازسازی شده از پودر دوغ و موثر بودن استفاده از صمغ قدومه شیرازی بوده است. با توجه به افزایش پایداری، افزایش درجه حلالیت، پخش‌شوندگی و دمای انتقال شیشه‌ای که از عوامل موثر در تولید پودرهای فوری می‌باشند، افزودن این صمغ موجب بهبود خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی پودر دوغ گردید.

واژه‌های کلیدی: پودر دوغ، خشک‌کن پاششی، قدومه شیرازی، خصوصیات فیزیکی-شیمیایی

مقدمه

دوغ یک نوشیدنی لبنی تخمیری است که به مقدار زیاد در ایران و سایر کشورهای خاورمیانه مصرف می‌شود. امروزه به‌دلیل افزایش سطح آگاهی مردم نسبت به مضرات نوشابه‌های گازدار، مصرف دوغ با توجه به فواید تغذیه ای آن از جمله قابلیت هضم بالا و بهبود جذب کلسیم افزایش داشته است و بنابراین تمایل به تولید و مصرف آن در کشور رو به افزایش است. فساد دوغ در اثر فعالیت کپک ها و مخمرها عامل اصلی کاهش زمان ماندگاری آن می‌باشد. با توجه به بالا بودن قیمت انرژی و نیروی انسانی، استفاده از سردخانه‌های مجهز جهت نگهداری هزینه زیادی در برخواهد داشت. اگرچه استفاده از نگهدارنده‌ها باعث کنترل رشد کپک‌ها و مخمرها می‌شود اما با توجه به ضوابط و قوانین وزارت بهداشت استفاده از هرگونه افزودنی نگهدارنده در دوغ غیرمجاز است. برخی از اهداف تولید محصولات لبنی جدید تخمیری خشک‌شده شامل بهبود زمان نگهداری محصول، کاهش حجم و به تبع آن کاهش فضای نگهداری و کم‌کردن هزینه‌های بسته‌بندی و حمل و نقل می‌باشند. از طرفی فراهم آوردن شرایطی که مصرف‌کننده بتواند دوغ را با غلظت و طعم مورد پذیرش خویش مصرف نماید اهمیت به سزایی دارد. علاوه بر آن با توجه به عدم دسترسی به دوغ تازه در شرایط و مناطق جغرافیایی خاص، تولید پودر دوغ کمک فراوانی به تامین نیازهای تغذیه‌ای مصرف‌کنندگان آن مناطق خواهدکرد. در خشک‌کن پاششی به‌منظور به‌دست‌آوردن پودر خشک از خوراک مایع استفاده می‌شوند.

قدومه شیرازی با نام علمی *Alyssum homolocarpum* از خانواده *crucifera* بوده و دارای ۱۰۰ تا ۱۷۰ گونه می‌باشد. این گیاه به‌عنوان یک داروی سنتی در ایران استفاده می‌شود. صمغ به‌دست

۱ و ۲- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: a_aria_1443@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v17i5.86590

آمده از دانه قدومه شیرازی کاربردهای مختلفی به‌عنوان قوام‌دهنده و تثبیت‌کننده امولسیون دارد (کوچکی و همکاران، ۲۰۱۰). دانه این گیاه در تماس با آب با سرعت بالا جذب آب کرده و تولید موسیلاژ و مایع چسبنده کدر و بی طعمی می‌دهد. دانه این گیاه به‌عنوان مهمترین منبع تولیدکننده موسیلاژ و صمغ شناخته شده است. قدومه شیرازی جز صمغ‌های دانه‌ای (گالاکتومانان‌ها) طبقه‌بندی می‌شود گالاکتومانان‌ها به‌عنوان یک پلی‌ساکارید خطی شناخته شده است. هیدروکلوئیدها ترکیبات محلول در آب بسیار ویسکوز هستند که محلول‌های آبی پایداری تشکیل می‌دهند (قنبرزاده، ۱۳۸۸).

بسیاری از پلی‌ساکاریدها به‌عنوان پایدارکننده عمل می‌کنند. این ترکیبات با افزایش گرانروی فاز پیوسته یا ترکیبات ژل در فاز پیوسته باعث کاهش حرکت ذرات و قطرات می‌شوند و سرعت به‌هم پیوستگی ذرات و جدا شدن فازها از یکدیگر را کاهش می‌دهند. انواع مختلفی از پلی‌ساکاریدها مانند دکستران، گالاکتومانان و زایلوگلیکان، صمغ‌ها، پکتین، کیتوزان و غیره می‌توانند به‌عنوان پایدارکننده استفاده شوند (حصاری‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۴). صمغ دانه قدومه شیرازی نیز کاربردهای مختلفی به‌عنوان قوام‌دهنده و تثبیت‌کننده امولسیون دارد (علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۴).

مالتودکسترین توانایی تشکیل ژل و نگهداری آب را دارد. بنابراین در صنعت به‌عنوان بهبوددهنده بافت با تشکیل ژل، نگهدارنده آب و جایگزین چربی به‌کار می‌رود. از جمله ویژگی‌های کاربردی مهم در سیستم‌های غذایی شامل افزایش حجم، ایجاد بافت و بدنه، تشکیل فیلم، اتصال به اجزای ایجادکننده طعم و چربی، محافظت در برابر اکسیژن، براق‌کنندگی سطحی، کمک به پخش‌شوندگی و انحلال‌پذیری، کنترل انجماد و ممانعت از کریستالیزاسیون و ایجاد ویژگی‌های گسترش‌پذیری در محصول می‌باشد (Loreth و همکاران، ۲۰۰۶). Tromp و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند پکتین پلی‌ساکاریدی متشکل از واحدهای D گالاکتورونیک اسید است که این واحدها با پیوندی a به یکدیگر متصل هستند. این صمغ از هیدروکلوئیدهای جاذب به‌شمار می‌رود و به دلیل نیروی الکترواستاتیک و از طریق ساز و کار ممانعت فضایی، موجب پایداری سامانه می‌شود. قربانی گرجی و همکاران(۱۳۹۰)، تاثیر سه گونه مختلف کتیرای ایرانی (*آستراگالوس گوسپینیوس*[1]، *آستراگالوس فلوکوسوس*[2]، *آستراگالوس راهنسیس*[3]، بر ویژگی‌های رئولوژیکی و پایداری دوغ بدون چربی در سه غلظت ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد را مورد بررسی قرار دادند. بیشترین پایداری در نمونه‌های حاوی صمغ کتیرا از گونه *آستراگالوس گوسپینیوس* در غلظت ۰/۳ درصد به مدت ۳۰روز بود. در غلظت ۰/۳ درصد از کتیراهای گونه *آستراگالوس گوسیپینوس*، *آستراگالوس راهنسیس* و *آستراگالوس فلوکوسوس*، میزان آب‌اندازی به‌ترتیب به مقدار۱۰۰، ۷۰/۷۳، ۸۲/۹۳ درصد نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. همچنین، اطلاعات به‌دست آمده از آزمون توزیع اندازه ذرات نشان‌دهنده ریزشدن ذرات تجمع یافته بعد از افزودن صمغ و به خصوص گونه *آستراگالوس گوسپسنیوس* صمغ کتیرا بود. از طرفی، ویسکوزیته ظاهری نمونه دوغ حاوی این گونه، بیشتر از گونه‌های دیگر بود. ارزیاب‌های گروه ارزیابی حسی نمونه‌های حاوی این گونه را از همه لحاظ بهترین محصول تشخیص دادند. علت تفاوت در نقش پایدارسازی این سه گونه، بالاتربودن محتوی اسید اورونیک و میزان جزء نامحلول صمغ کتیرا در گونه *آستراگالوس گوسپسنیوس* نسبت به دو گونه دیگر بود که موجب ایجاد یک [۶]دیسپرسیون کلوئیدی پایدارتر شد.

یکی از عمده ترین مشکلات در تولید نوشیدنی‌های اسیدی شیر، دو فاز شدن آنها در طی تولید و نگهداری است که این مسئله ناشی از گرانروی پایین، pH کم و تاثیر آن بر ته‌نشین شدن پروتئین‌ها می‌باشد (فروغی‌نیا، ۲۰۰۷؛ آذری‌کیا، ۲۰۰۸) (Tuinier *et al*., 2002; Koksoy and Kilic, 2004). کیانی و همکاران (۱۳۸۸) اثر منبع و ماده خشک بدون چربی دوغ، بر پایداری و خواص رئولوژِیک دوغ را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش از شیر تازه و شیر خشک بدون چربی به‌عنوان دو منبع ماده خشک در غلظت‌های ۵ درصد برای دوغ حاصل از شیر تازه وغلظت ۱، ۲، ۴ و ۶ درصد برای دوغ حاصل از شیرخشک استفاده شد. با افزایش ماده جامد کل ضمن غیرنیوتنی شدن رفتار جریانی، ویسکوزیته افزایش نشان داد و حجم سرم جدا شده کاهش یافت. دوغ حاصل از شیر خشک، حتی در درصدهای پایین‌تر ماده خشک کل، نسبت به دوغ حاصل از شیرتازه، ویسکوزیته بالاتری نشان داد که به بزرگتر بودن ذرات کلوئیدی مربوط بود. مشاهدات نشان داد که ذرات کلوئیدی دوغ در گستره‌ای وسیع توزیع یافتند و شکل‌های مختلف با ساختاری متفاوت داشتند. عباسی و همکاران(۱۳۸۸) اثر صمغ گوار بر بافت و فراریت اسانس‌های اضافه شده به دوغ را مورد بررسی قرار دادند. از این صمغ در غلظت‌های ۰/۰۸، ۰/۱۰، ۰/۱۵ و ۰/۲۵ درصد استفاده شد. صمغ گوار به سبب اثری که بر افزایش ویسکوزیته و کاهش جداشدن سرم داشت، میزان فراریت اسانس‌های اضافه شده را کاهش داد. گروه ارزیاب‌ها، غلظت ۰/۱ و ۰/۱۵درصد را مناسب دیدند و غلظت ۰/۲۵درصد به علت ایجاد ویسکوزیته بیش از حد در دوغ، مورد پذیرش قرار نگرفت. عبادتی و همکاران در سال ۱۳۹۳، بهینه‌سازی فرایند تولید پودر دوغ با خشک کردن کف‌پوشی به روش سطح پاسخ را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق درصد ترکیبات کف‌زای ورودی به خشک‌کن و اثر دماهای مختلف خشک کردن (۵۰، ۶۰ و ۷۰) بر دانسیته توده، رطوبت و حلالیت مورد بررسی قرار گرفت. که با

---

1 *A.gossypinus*
2 *A. fluccosus*
3 *A. rahensis*

توجه به نتایج به‌دست امده مدل ارائه شده توسط روش سطح پاسخ برای همه پاسخ‌ها معنی‌دار شد و دانسیته توده در ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت و رطوبت در ابتدا کاهش و سپس به دلیل خاصیت جاذبه الرطوبه بودن مالتودکسترین افزایش یافت و همچنین حلالیت با افزایش میزان آلبومین و مالتودکسترین به صورت خطی افزایش یافت. در پژوهشی دیگر مالتودکسترین و صمغ عربی به‌عنوان پوشش در فرآیند خشک کردن پودر شیر را مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نوع و غلظت صمغ عربی و مالتودکسترین تاثیر واقعی بر عملکرد حلالیت، مقدار آب و پروتئین موجود در شیر خشک شده را داشت. علاوه بر این، بهترین کیفیت مربوط به پودر شیر با مالتودکسترین با غلظت ۱۵٪ بود (Harmayani *et al*., 2011).

رشیدی و همکاران در سال ۱۳۹۴، اثر چربی و ماده خشک بر برخی از ویژگی‌های پودر دوغ تولید شده به روش آزمایشگاهی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد، میزان چربی و ماده خشک اثر قابل توجهی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی پودر دوغ داشتند. بیشترین و کمترین میزان حلالیت به ترتیب مربوط به نمونه پودر فرمول اول (دوغ با چربی ۰/۵ و ماده خشک بدون چربی بدون نمک ۳/۵ درصد و نمک ۰/۷ درصد) و سوم (دوغ با چربی ۰/۵ و ماده خشک بدون چربی بدون نمک ۴/۵ و نمک ۰/۷ درصد) و برابر ۰/۶۲±۸۲/۱۱ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۰/۳۳ ± ۶۳/۱۸ در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود. همچنین افزایش میزان چربی موجب کاهش حلالیت پودر دوغ، اندازه ذرات و افزایش میزان باکتری‌های آغازگر زنده مانده در دوغ شد.

هدف از این پژوهش تولید پودر دوغ به روش خشک کردن پاششی و بررسی اثر صمغ قدومه‌شیرازی بر خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی آن می‌باشد. با توجه به عدم دسترسی به دوغ تازه در شرایط و مناطق جغرافیایی خاص، تولید پودر دوغ کمک فراوانی به تامین نیازهای تغذیه‌ای مصرف‌کنندگان آن مناطق خواهد کرد.

مواد و روش‌ها

برای تهیه دوغ از ماست ۱/۵ درصد چربی چوپان متشکل از: شیر، پودر شیرخشک بدون چربی ۱۰/۲٪، مایه ماست (pH= ۴/۱)، لبن دشت سمنان)، نمک طعام تصفیه شده (بنیامین نیشابور)، دانه قدومه شیرازی، مالتودکسترین (DE=20، GPC، Food cam، چین) و آب مقطر استفاده شد.

استخراج صمغ قدومه‌شیرازی

صمغ از دانه کامل با استفاده از آب مقطربا نسبت آب به دانه ۳۰ به ۱ با pH حدود ۸ و دمای ۴۸ درجه سانتی گراد استخراج گردید و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون تحت خلا خشک و سپس پودر شد (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۹).

تهیه پودر دوغ

ابتدا آب نمک ۷٪ با آب مقطر کاملا جوشیده در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد تهیه شد. پس از انحلال کامل به مدت ۵ دقیقه، علاوه بر نمونه شاهد (بدون صمغ)، مقدار مشخصی از صمغ قدومه‌شیرازی (در غلظت‌های ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲ درصد به صورت جداگانه) و ۱ درصد مالتودکسترین اضافه گردید (میلانی و همکاران،۱۳۹۷). محلول به مدت ۱۰ دقیقه با همزن مغناطیسی در دمای تقریبا۶۰ درجه سانتی‌گراد همزده شد. پس از انحلال کامل و هیدراتاسیون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، ماست ۱/۵ درصد با pH=۴/۱ به میزان ۴۰ گرم اضافه شد. حجم نهایی دوغ در ۱۰۰ گرم محاسبه شد. جهت انحلال کامل ذرات از همزن مغناطیسی با دور ۲۰۰۰ دور دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. سپس دما را تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد کاهش داده و محصول نهایی در داخل بطری‌های ۵۰۰ سی‌سی بسته‌بندی شد.

جدول ۱- فرمولاسیون نمونه‌های دوغ

آزمون	صمغ (درصد بر حسب ماده خشک)	مالتودکسترین (درصد)	نمک (درصد)
فرمول اول	۰/۰۵	۱	۰/۰۷
فرمول دوم	۰/۱	۱	۰/۰۷
فرمول سوم	۰/۱۵	۱	۰/۰۷
فرمول چهارم	۰/۲	۱	۰/۰۷
شاهد	صفر	۱	۰/۰۷

دوغ‌های تهیه شده با استفاده از شرایط بهینه خشک‌کن، دبی خوراک ورودی ۴۴/۵ میلی‌لیتر در دقیقه و دمای هوای ورودی خشک‌کن ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد، با استفاده از دستگاه خشک‌کن پاششی نیمه صنعتی با ظرفیت ۶ لیتر در ساعت و نازل نوع دو سیاله (یک سیال هوا با دمای ۲۵درجه سانتی‌گراد و دمای خوراک ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و فشار هوای نازل ۲ بار، ساخت شرکت سروش صنعت نیشابور خشک و تبدیل به پودر گردیدند (جدول ۱). شرایط بهینه پس از تولید بهترین پودر دوغ مورد نظر، یادداشت گردید. با توجه به جدول

چهار فرمولاسیون مختلف با درصد صمغ مورد نظر و یک نمونه شاهد با استفاده از خشک‌کن پاششی (سروش صنعت نیشابور، ایران) تولید شدند (خلیلیان موحد و همکاران، ۲۰۱۵).

اندازه‌گیری pH و اسیدیته

این آزمون‌ها بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره۲۸۵۲، تحت عنوان شیر و فراورده های آن–تعیین اسیدیته و pH روش آزمون، انجام شد (رشیدی و همکاران، ۱۳۹۴، استاندارد ملی ایران ۲۸۵۲، ۱۳۸۵).

اندازه‌گیری حلالیت

جهت اندازه‌گیری حلالیت پودر دوغ، ۰/۵ گرم نمونه پودر دوغ به همراه ۵۰ سی‌سی آب مقطر داخل فالکون ۵۰ میلی‌لیتری، به مدت ۵ دقیقه مخلوط شده و سپس به مدت ۵ دقیقه با دستگاه سانتریفوژ (۳۵، Hettich|Rotina) با دور ۳۰۰۰، سانتریفوژ گردید. ۲۵ میلی‌لیتر از مایع رویی به داخل ظرف مخصوص اندازه‌گیری محتوای رطوبت منتقل شد و نمونه بلافاصله در دمای ۱۰۵ درجه، به مدت ۵ ساعت گرمخانه‌گذاری شد. در نهایت درصد حلالیت براساس تفاوت وزن محاسبه گردید (قادری و همکاران، ۱۳۸۹).

اندازه‌گیری میزان پخش‌شوندگی

جهت اندازه‌گیری میزان پخش‌شوندگی مطابق با قادری و همکاران(۱۳۸۹)، مقدار ۱ گرم پودر به ۱۰ سی‌سی آب مقطر در یک بالن ۵۰ سی‌سی اضافه و به‌طور عمودی هم‌زده شد بدین صورت که ابتدا دست موازی زمین بود و سپس دست ۹۰ درجه بالا آمده به‌طوری که عمود بر زمین شد، در نهایت تعداد دفعاتی که لازم بود تا پودر کاملاً در داخل آب پخش‌شود تا جاییکه ذرات پودر قابل مشاهده نباشد، در ۳ تکرار برای هر نمونه شمارش شد.

اندازه‌گیری میزان دوفاز شدن

برای تعیین میزان جداسازی فازی مطابق با فروغی‌نیا و همکاران (۲۰۰۷) و طاهری و همکاران (۲۰۰۹)، از استوانه‌های مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتری هم شکل استفاده شد. پس از ریختن نمونه ها در استوانه مدرج، دربندی توسط فویل آلومینیوم انجام شد. نمونه‌ها به یخچال منتقل شده و در ۴درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۱ روز نگهداری شدند. برای ثبت میزان جدایی فازها، در زمان‌های معین، در روزهای صفر، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از تولید، حجم فراورده از انتهای استوانه مدرج تا حد فاصل جدایی فاز بعدی (فاز ته‌نشین شده) بر حسب درصد گزارش شد.

اندازه‌گیری رطوبت

این آزمون بر اساس استاندارد ملی ایران، به شماره ۸۷۸۱: سال ۱۳۸۵ تحت عنوان شیر خشک–تعیین میزان رطوبت–روش آزمون مرجع، انجام شد. به این صورت که، نمونه را در گرمخانه با دمای ۸۷ درجه سلیسیوس به مدت زمان ۵ ساعت قرار داده تا هوای خشک از میان نمونه عبور کند. میزان رطوبت از روی میزان کاهش جرم نمونه(که با مقدار آب غیرپیوندی مرتبط باشد) تعیین شد (رشیدی و همکاران، ۱۳۹۴، استاندارد ملی ایران، ۸۷۸۱، ۱۳۸۵).

اندازه‌گیری دمای انتقال شیشه‌ای

روش گرماسنجی افتراقی با استفاده از دستگاه TG (Perkin dlmer، انگلستان) اندازه‌گیری شد. ۲ میلی‌گرم نمونه به ظرف آلومینیومی استاندارد منتقل شد و از یک ظرف خالی آلومینیومی به‌عنوان مرجع استفاده شد. اسکن کردن حرارتی از ۲۰- تا ۲۰۰ درجه با نرخ گرمادهی ۱۰ درجه در دقیقه انجام شد (رشیدی و همکاران، ۱۳۹۴). عدد گزارش شده میانگین ۳ تکرار بود.

اندازه‌گیری اندازه ذرات پودر دوغ

اندازه ذرات با دستگاه تعیین اندازه ذره (Malvern، انگلستان) تعیین شد. عامل دیسپرسیون آب دیونیزه، فشار توزیع کننده ۱۰۰۰ میلی‌بار، فرکانس ویبراتور ۸۰ هرتز، قدرت ویبراتور ۹۰٪ و فاصله زمانی بین لرزش ویبراتور و ردشدن نمونه از جلوی لیزر ۱۵ ثانیه و زمان بین هر دو اندازه‌گیری ۳۰ ثانیه بود. اندازه ذره گزارش شده برای هر نمونه d_{50} و میانگین ۵ تکرار بود (امیری ریگی و همکاران، ۲۰۱۲).

اندازه‌گیری ماده خشک

این آزمون بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۳۲۸، تحت عنوان شیر، خامه و شیر تبخیر شده اندازه‌گیری مقدار کل ماده خشک (روش مرجع)، انجام شد. به این صورت‌که بعد از آماده‌سازی ظرف مورد نظر، یک گرم پودر دوغ وزن شده و سپس ظرف اریب شده تا آزمونه به‌طور یکنواخت در سراسر کف ظرف، پخش شود. سپس ظرف بدون سرپوش روی حمام آب که به شدت در حال جوش بود، قرار گرفت و به‌مدت زمان سی دقیقه گرم شد، سپس ظرف بدون درب از روی حمام آب برداشته و به مدت زمان دو ساعت درون گرمخانه حرارت داده شد. سپس، سرپوش روی ظرف قرار گرفته و به دسیکاتور، منتقل شد. در نهایت ظرف در دمای اتاق خنک شد (به مدت سی دقیقه) و وزن شد. مجددا این‌کار را با این تفاوت که مدت زمان گرم‌خانه را به یک ساعت کاهش دادیم تکرار شد و این کار را تا زمانی‌که اختلاف جرم بین دو توزین متوالی از یک میلی‌گرم بیشتر

نشد ادامه سافت و کمترین جرم را به‌عنوان مقدار ماده خشک ثبت کردیم (استاندارد ملی ایران، ۱۳۹۳،۱۱۳۲۸).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌ها در قالب طرح فاکتوریل بر پایه کاملا تصادفی در سه تکرار و سطح اطمینان ۹۵ درصد توسط نرم‌افزار SPSS مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت مقایسه میانگین‌ها ازآزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. روابط بین متغیرهای مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزار اکسل رسم گردید.

نتایج و بحث

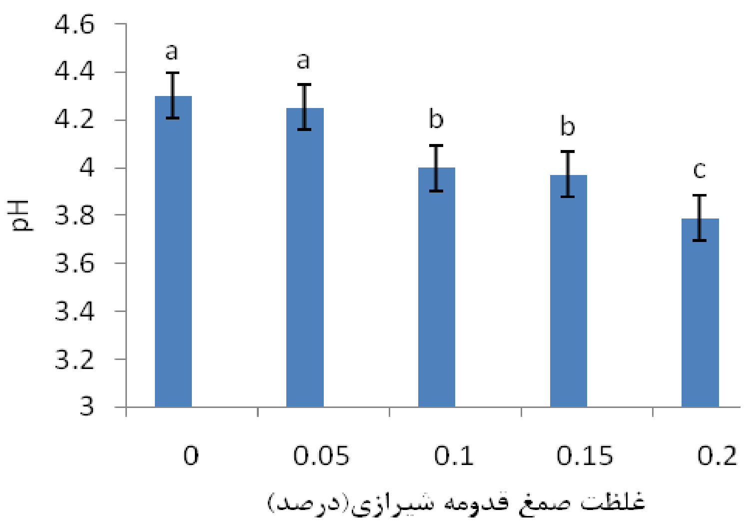
اثر صمغ قدومه شیرازی بر pH پودر دوغ

با توجه به شکل ۱، با افزایش غلظت صمغ، pH کاهش‌یافته است، اما این تغییرات چندان معنی‌دار نیست (p>۰/۰۵). همان‌گونه که مشاهده می‌شود کمترین مقدار pH مربوط به نمونه ۰/۲ درصد صمغ و بیشترین مقدار pH مربوط به نمونه شاهد بوده است (سخاوتی‌زاده، ۱۳۹۲). احتمالا علت افزایش جزئی در میزان pH، افزایش میزان ماده خشک در اثر افزودن صمغ و در نتیجه تحریک باکتری‌های مولد اسید و تولید اسید بوده است. از ویژگی‌های مهم نوشیدنی‌های لبنی اسیدی pH پایین و ویسکوزیته کم آن‌ها می‌باشد که باعث تجمع پروتئین‌های شیر و در نتیجه ایجاد ناپایداری محصول می‌شود (کارآموز و همکاران، ۱۳۹۵) .

pH نوشیدنی‌های تخمیری لبنی در محدوده ۳/۹۸ تا ۴/۴۶ می‌باشد و به دلیل عدم پایداری کازئین در این pH، استفاده از یک پایدارکننده با هدف جلوگیری از متراکم‌شدن پروتئین‌ها و همچنین دستیابی به احساس دهانی مطلوب ضروری می‌باشد. قوام مناسب و بافت هموژن جهت ایجاد احساس دهانی مطلوب در نوشیدنی‌های اسیدی شیر می‌باشد (Tuinier *et al.*, 2002).

علت کاهش pH و افزایش اسیدیته را می‌توان به فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید و مضر نسبت داد که طی نگهداری *لاکتوباسیلوس بولگاریکوس و استرپتوکوکوس ترموفیلوس* حتی در دمای یخچال هم فعال هستند و با تخمیر لاکتوز، اسید لاکتیک تولید می کنند و اسیدیته را افزایش و pH را کاهش می‌دهند (Shah *et al.*, 1995; Kailasapathy, 2006).

با به پایان رسیدن منابع قندی میکروارگانیسم‌ها پروتئین‌های موجود در محیط و نیز اسیدهای آلی را مصرف کرده و این باعث افزایش pH و کاهش اسیدیته می‌گردد (Jai, 1990). هیدروکلوئیدها اغلب با جذب آب، محلول‌هایی با ویسکوزیته بالا تولید می‌کنند. بنابراین از این ترکیبات برای تهیه ژل، به‌عنوان پایدارکننده و بهبوددهنده بافت مورد استفاده قرار می‌گیرند (فاطمی، ۱۳۷۶).



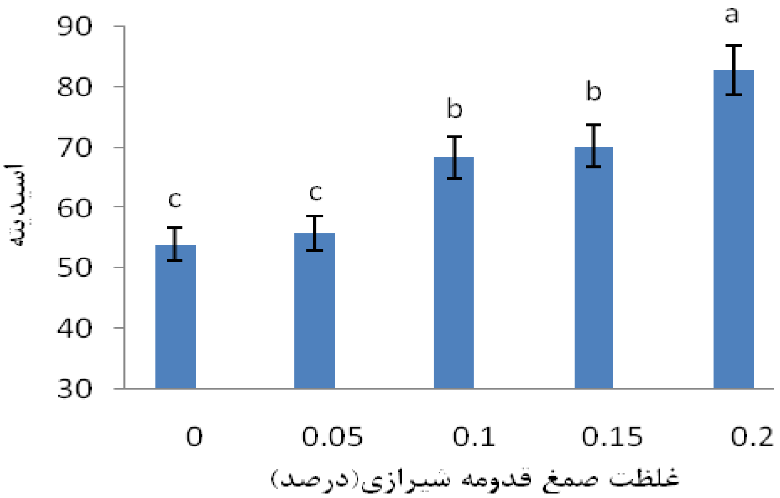
شکل ۳- اثر صمغ قدومه شیرازی بر pH پودر دوغ

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است(p>۰/۰۵)

اثر صمغ قدومه‌شیرازی بر اسیدیته پودر دوغ

با توجه به شکل ۴، مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت صمغ از ۰/۰۵ تا ۰/۱ درصد و ۰/۱۵ تا ۰/۲ درصد اسیدیته به‌طور معنی‌دار افزایش یافته است (P<۰/۰۵). علت افزایش اسیدیته در غلظت‌های بالای صمغ، افزایش ماده خشک و ویسکوزیته و در نتیجه تحریک باکتری‌های مولد اسید بوده است (رضوی، ۱۳۹۰).

Supavititpatana و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که با افزایش غلظت ژلاتین، اسیدیته دوغ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. طی نگهداری میکروارگانیسم‌های موجود در ماست با تخمیر لاکتوز، اسیدلاکتیک تولید می‌کنند و اسیدیته را افزایش و pH را کاهش می‌دهند (Shah *et al.*, 1995; Jai, 1990). اما با به پایان رسیدن منابع قندی، میکروارگانیسم ها پروتئین‌های موجود در محیط و نیز اسیدهای آلی را مصرف کرده و این باعث افزایش pH و کاهش اسیدیته محصول می‌گردد (Jai, 1990).

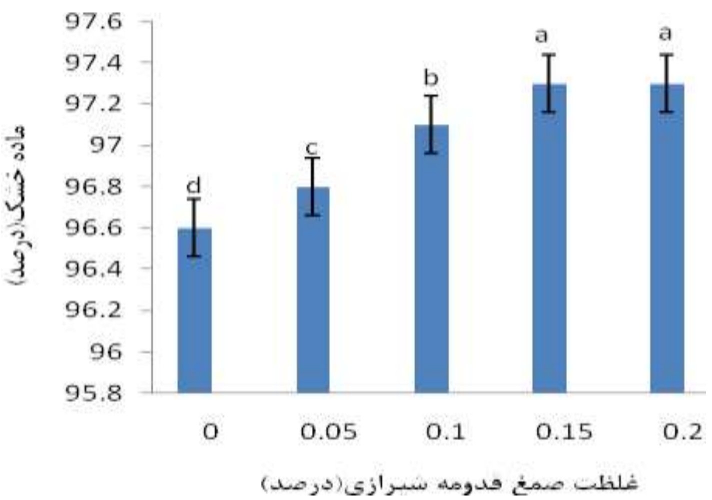


شکل ٤- اثر صمغ قدومه شیرازی بر اسیدیته پودر دوغ

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است(p>۰/۰۵)

اثر غلظت صمغ قدومه شیرازی بر میزان ماده خشک پودر دوغ

میزان ماده خشک در محدوده ۹۶/۹۸ تا ۹۷/۳۲ قرار داشت. با توجه به شکل ۵،کمترین میزان ماده خشک مربوط به نمونه شاهد و بیشترین میزان ماده خشک مربوط به نمونه ۰/۲ بود. در هرصورت، مقدار ماده خشک به‌دست آمده برای پودرها تقریبا در محدوده استاندارد تعیین شده توسط کدکس (حداکثر رطوبت مجاز ۵٪) بود (قادری و همکاران، ۱۳۸۹). با توجه به اهمیت میزان ماده خشک بر ویژگی‌های رئولوژیکی و پایداری دوغ باید عنوان کرد که افزودن صمغ قدومه‌شیرازی موجب افزایش ماده خشک نمونه ها شده است (p<۰/۰۵).

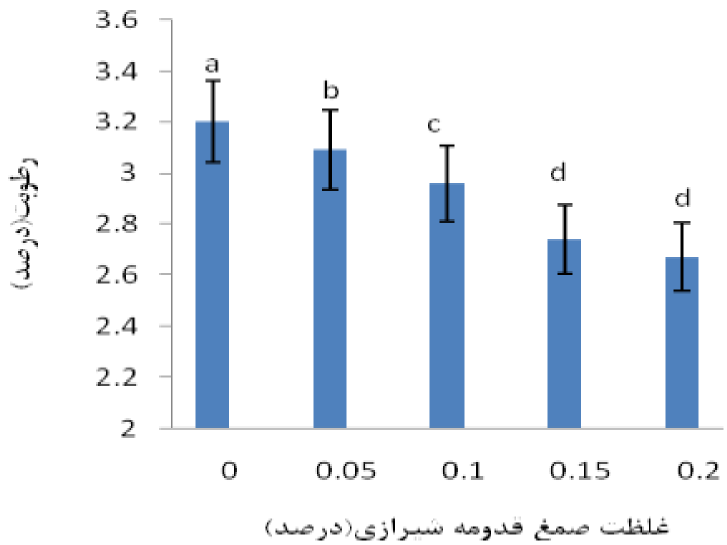


شکل ۵- اثر صمغ قدومه شیرازی بر میزان ماده خشک پودر دوغ

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است(p>۰/۰۵)

اثر صمغ قدومه شیرازی بر میزان رطوبت پودر دوغ

با توجه به شکل ۶ با افزایش غلظت صمغ، رطوبت کاهش یافته اما بین نمونه‌های ۰/۱۵ با ۰/۲ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. در واقع با افزایش صمغ قدومه‌شیرازی به دلیل افزایش آب آزاد و در دسترس جهت تبخیر، رطوبت پودر کاهش یافته است (پیغمبردوست و همکاران، ۱۳۹۴). تغییر در ماهیت پودر دوغ، به دلیل جاذب الرطوبه بودن شدید آن طی زمان نگهداری و همچنین بروز پدیده ای به نام آب‌شدن است که ویژگی‌ها، پایداری فیزیکی و شیمیایی پودرهای غذایی را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این حالت، جذب رطوبت در سطح ذرات از طریق پیوندهای هیدروژنی صورت می‌گیرد. این پدیده وابسته به دما و رطوبت نسبی محیط بوده و طی آن، انواع پودرهای غذایی جاذب الرطوبه (نظیر نمک و قندها و...) از حالت جامد به شکل مایع تبدیل می شوند (پیغمبردوست و همکاران، ۱۳۹۴). رشیدی و همکاران در سال ۱۳۹۴، دریافتند با افزایش میزان رطوبت دمای انتقال شیشه‌ای کاهش و با کاهش میزان رطوبت دمای انتقال شیشه‌ای افزایش یافت، درنتیجه رطوبت با دمای انتقال شیشه‌ای رابطه معکوس داشت.



شکل ٦- اثر صمغ قدومه شیرازی بر میزان رطوبت پودر دوغ

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است($p>0/05$)

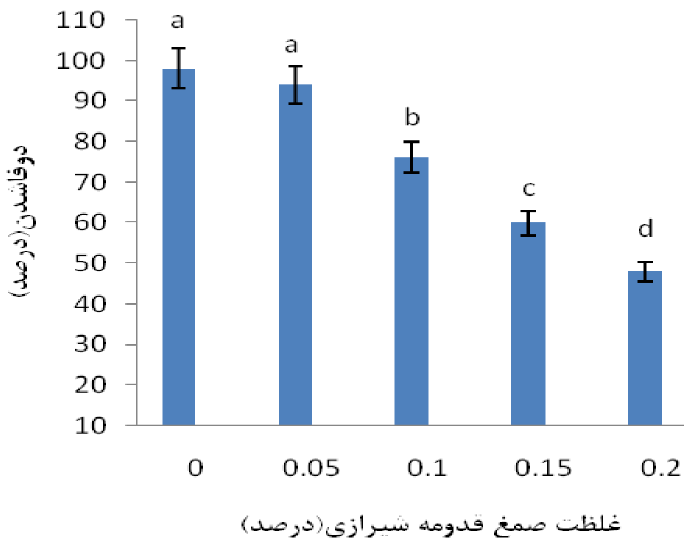
اثر صمغ قدومه‌شیرازی بر میزان دو فاز شدن پودر دوغ

با توجه به شکل ۷، میزان آب‌انداختن نمونه‌های حاوی درصدهای مختلف صمغ قدومه‌شیرازی، پس از گذشت سه هفته نشان می‌دهد که استفاده از صمغ جداشدن سرم را، به‌طور معنی‌داری کاهش داده است. تفاوت بین نمونه‌های حاوی صمغ و شاهد پس از گذشت سه هفته همچنان به شدت خود باقی است به‌گونه‌ای که پس از سه هفته میزان جداشدن سرم در نمونه شاهد بیشتر از نمونه ۰/۲ صمغ قدومه‌شیرازی بود. مکانیسم عمل هیدروکلوئیدها در جلوگیری از دو فاز شدن سرم، به ساختار مولکولی هیدروکلوئید مورد استفاده بستگی دارد، در صورتیکه صمغ مورد استفاده باردار باشد از طریق ممانعت فضایی و دفع الکترواستاتیک سبب پایداری نوشیدنی‌های تخمیری می‌شود. (فروغی‌نیا و عباسی، ۲۰۰۸). به‌نظر می‌رسد مکانیسمی که در این بررسی باعث افزایش پایداری دوغ می‌شود، افزایش ویسکوزیته و به دام افتادن ذرات پروتئینی در یک شبکه ژلی که توسط صمغ مورد استفاده ایجاد شده است، می‌باشد.

هیدروکلوئیدها اغلب با جذب آب، محلول‌هایی با ویسکوزیته بالا تولید می‌کنند. بنابراین، از این ترکیبات برای تهیه ژل، به‌عنوان پایدارکننده و بهبوددهنده بافت مورد استفاده قرار می‌گیرد. صمغ‌ها از گیاهان، جلبک‌های دریایی و میکروارگانیسم‌ها تهیه می‌شوند. به علت ویژگی‌های فیزیکی مفیدشان کاربرد وسیعی در فراورده‌های غذایی دارند (کوچکی و همکاران، ۲۰۱۰).

صمغ دانه قدومه‌شیرازی نیز کاربردهای مختلفی به‌عنوان قوام‌دهنده و تثبیت کننده امولسیون دارد (علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). این صمغ با افزایش گرانروی فاز پیوسته یا ترکیبات ژل در فاز پیوسته باعث کاهش حرکت ذرات و قطرات می‌شوند و سرعت به‌هم پیوستگی ذرات و جدا شدن فازها از یکدیگر را کاهش می‌دهد. برهمکنش‌های (غیرکووالانسی)، الکترواستاتیک، هیدروفوبیک، هیدروژنی و دافعه فضایی نیز بین بیوپلیمرها (پروتئین دوغ و قدومه‌شیرازی) وجود دارد که بر کشش بین سطحی، بار ذرات و پایداری دوغ بازسازی شده نقش دارد (حصاری‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۴). اساسا پایداری میسل‌های

کازئین در pH طبیعی شیر به علت قرار گرفتن کاپا-کازئین‌ها در سطح میسل کازئین است که با تشکیل لایه‌های مویی در سطح آن‌ها و سازوکارهای دافعه فضایی و الکترواستاتیک، مانع نزدیک شدن میسل به یکدیگر می‌گردند. در صورتیکه به هر دلیلی لایه‌های مویی جدا شوند (شکسته شدن توسط آنزیم‌های دلمه‌کننده شیر) و یا متلاشی گردند (از دست دادن بار خالص موثر با کاهش pH، افزایش قدرت یونی و کاهش قابلیت انحلال)، ناپایداری در میسل های کازئین رخ می‌دهد زیرا در اثر اسیدی شدن محیط، فسفات کلسیم به تدریج از میسل خارج شده، بارالکتریکی منفی میسل کاهش می‌یابد و میسل کازئین متلاشی می‌شود (Dickkinson *et al.*, 1998; Wal,stra, 2003).

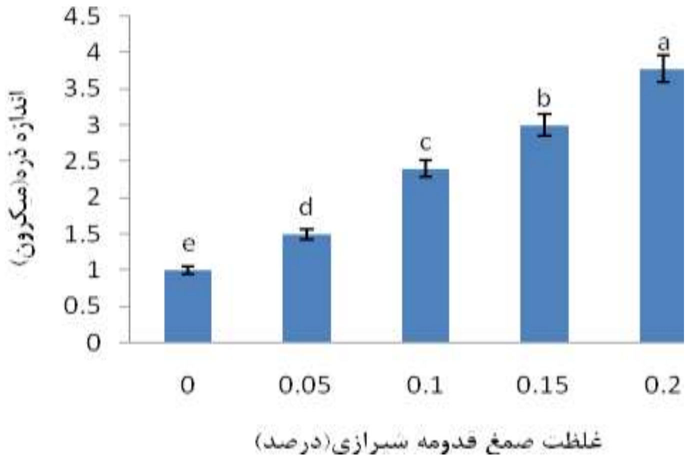


شکل ۷- اثر صمغ قدومه شیرازی بر میزان دوفاز شدن پودر دوغ

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است($p>۰/۰۵$)

اثر صمغ قدومه‌شیرازی بر اندازه ذرات پودر دوغ

باتوجه به شکل ۸، نتایج نشان دادکه با افزایش غلظت صمغ اندازه ذرات پودر دوغ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). به‌نظر می‌رسد که پروتئین‌های دوغ و هیدروکلوئیدهای به‌کار رفته، باهم برهمکنش داده و دامنه وسیع‌تری از اندازه ذره را ایجاد نموده است (کیانی و همکاران، ۲۰۱۰). اندازه ذرات پودر در محدوده ۱ تا ۳/۵۸ میکرومتر بود. بیشترین اندازه ذره مربوط به نمونه حاوی ۰/۲ درصد صمغ بود و کمترین اندازه ذره مربوط به نمونه شاهد بود. به‌طورکلی اندازه ذرات به‌دست آمده توسط خشک‌کن‌های پاششی تحت تاثیر خواص فیزیکی و غلظت خوراک ورودی به خشک‌کن می‌باشد به‌طوری‌که با افزایش ویسکوزیته خوراک ورودی به محفظه خشک‌کن، اندازه ذرات افزایش می‌یابد (جعفری و همکاران، ۱۳۹۳). با افزایش میزان چربی، در پودر اندازه ذرات به علت ذوب شدن چربی در دمای خشک‌کن و تخلیه بخارات موجود در ذرات پودر و چروکیده شدن آنها کاهش می‌یابد (Nijdam and Langrish, 2006). Xu و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که افزایش نسبت پکتین در مخلوط ایزوله پروتئین سویا-پکتین چغندر، باعث افزایش اندازه ذرات امولسیون حاصل از آن شد و دلیل آن را به حضور پکتین جذب نشده در سطح ذرات روغن نسبت دادند که باعث تجمع نقصانی شده و اندازه ذرات را افزایش می‌دهد. عامل دیگر موثر بر روی اندازه ذرات دمای ورودی خشک‌کن می‌باشد. هنگامی که دمای خشک‌کن به اندازه کافی بالا باشد رطوبت ذرات به سرعت تبخیر شده و پوسته آنها سخت و خشک می‌گردد. بنابراین فرصتی برای تخلیه بخار موجود در ذرات پودر وجود نخواهد داشت و تخلخل پودر بیشتر می‌شود (Chegini and Ghobadian, 2007; Banat *et al.*, 2002). کیانی و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که زانتان در ترکیب با هیدروکلوئیدهای دیگر و پروتئین آب پنیر، به‌طورمعنی‌داری باعث افزایش اندازه ذرات کلوئیدی شده است و نمونه دوغ حاوی پروتئین آب پنیر پکتین-زانتان، بیشترین افزایش در اندازه ذره را نشان داد. افزودن پروتئین آب پنیر به صورت مخلوط با زانتان باعث وسیع‌تر شدن گستره اندازه ذرات و افزایش اندازه آنها شده است. پکتین با ترکیب پروتئین آب-پنیر-زانتان اثر هم‌افزایی نشان داد (باقری و همکاران، ۱۳۹۲).

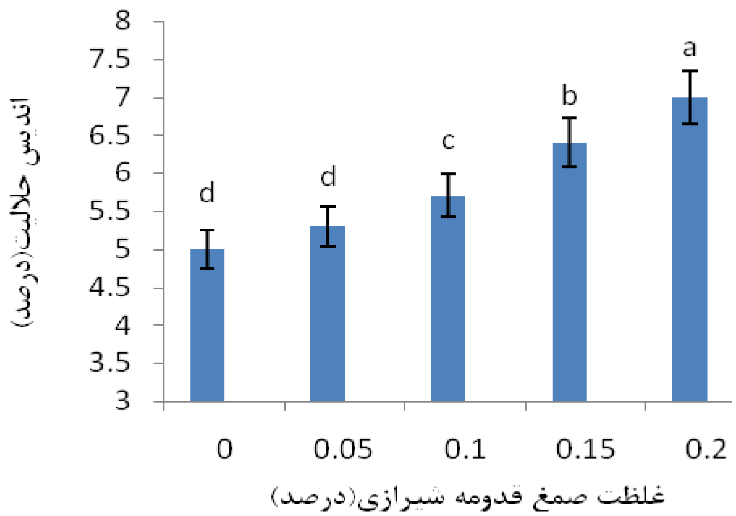


شکل ۸- اثر صمغ قدومه شیرازی بر میزان اندازه ذرات پودر دوغ

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است(p>۰/۰۵)

اثر صمغ قدومه شیرازی بر اندیس حلالیت پودر دوغ

همان‌طورکه در شکل ۹، مشاهده می‌شود، بین نمونه شاهد با نمونه دارای ۰/۰۵ درصد صمغ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (p>۰/۰۵). با افزایش غلظت صمغ از ۰/۰۵ تا ۰/۲ درصد، اندیس حلالیت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (p<۰/۰۵). علت این پدیده، افزایش تخلخل ذرات پودر با افزایش غلظت صمغ می‌باشد.



شکل ۹- اثر صمغ قدومه شیرازی بر تغییرات اندیس حلالیت پودر دوغ

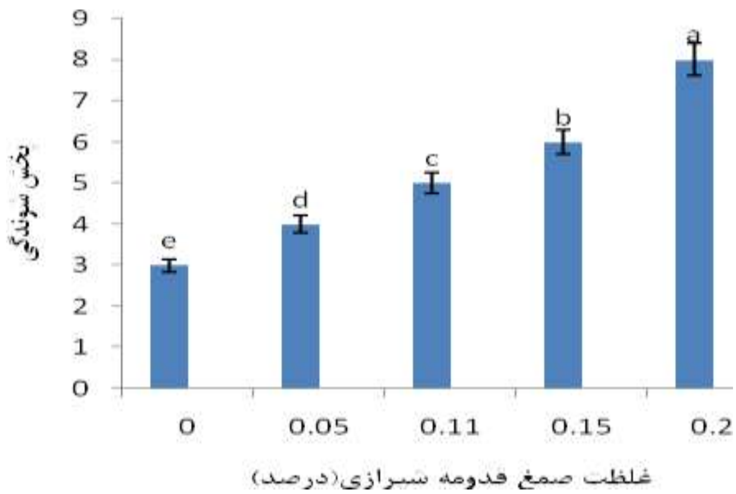
حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است(p>۰/۰۵)

نتایج فوق با نتایج مشایخ و همکاران(۲۰۱۳) و شریفی و همکاران (۱۳۹۴) در تطابق است. کازئین‌ها درحالت طبیعی دارای مقدار زیادی آب می‌باشند (۴/۴ میلی‌گرم آب در هر گرم کازئین) و اتصال با آب از طریق پیوندهای هیدروژنی با قسمت آبدوست زنجیره پروتئین برقرار می‌باشد. طی خشک‌کردن مقداری از قسمت‌های آبدوست زنجیره پروتئینی تخریب می‌شود و طی بازسازی و با افزودن آب، جذب آب توسط کازئین‌ها به میزان حالت طبیعی نخواهد بود که این پدیده نیز یکی از علل کاهش حلالیت پودرهای لبنی می‌باشد (Gaiani *et al.*,

2006). عدم حلالیت کافی پودرهای لبنی مشکلاتی را در هنگام استفاده صنعتی از آن‌ها ایجاد می‌کند. نقطه ذوب اسیدهای چرب شیر در محدوده ۲۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد قرار دارد و با توجه به دمای فرایند، این چربی‌ها در حین خشک کردن در حالت مایع قرار دارند که به راحتی در سطح ذرات پودر قرار می‌گیرند و موجب افزایش چربی سطحی، ایجاد اتصال بین ذرات چربی در سطح پودر و کاهش حلالیت می‌شوند (Hardas *et al.*, 2008). احتمالا برهمکنش‌های بین صمغ قدومه‌شیرازی و پروتئین دوغ، با ایجاد شبکه سه‌بعدی و افزلیش تخلخل ذرات، حلالیت پودر دوغ را افزایش می‌دهند. در تحقیقی که صادقی و همکاران در سال ۲۰۱۵ بر روی خواص فیزیکوشیمیایی پودر دوغ با استفاده از صمغ گوار انجام دادند، اندیس حلالیت ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. در پژوهش قادری و همکاران (۱۳۸۹) بر روی پودر ماست انجام دادند به این نتیجه رسیدند که با توجه به اینکه حضور اسید لاکتیک مستقیما باعث افزایش شاخص حلالیت می‌شود، حلالیت به‌دلیل وجود مقدار زیاد اسیدلاکتیک در ماست نسبت به دوغ، افزایش یافت. پیغمبر دوست و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی تأثیر برخی پارامترهای تولید و زمان نگهداری بر ویژگی‌های جریان‌پذیری پودر عصاره مالت خشک شده به روش پاششی دریافتند که با افزایش درصد مالتودکسترین تخلخل و حلالیت پودرها افزایش یافته است. سرابندی و همکاران (۱۳۹۵) و یگانه‌زاد و همکاران (۱۳۹۷) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند

اثر صمغ قدومه شیرازی بر میزان پخش‌شوندگی پودر دوغ

پخش‌شوندگی در واقع، پخش شدن یکنواخت ذرات پودر در مایع می‌باشد (عباسی، ۱۳۸۸؛ Kumar and Mishra, 2004). با افزایش میزان صمغ، میزان پخش‌شوندگی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. علت این افزایش، کاهش میزان رطوبت و افزایش تخلخل پودر می‌باشد (یگانه‌زاد، ۱۳۹۷). پیغمبردوست و همکاران (۱۳۹۴)، در بررسی اثر پارامترهای تولید بر جریان‌پذیری پودر ماست دریافتند که با افزایش میزان مالتودکسترین، جذب رطوبت طی زمان نگهداری کاهش و جریان‌پذیری و پخش‌شوندگی افزایش می‌یابد.



شکل ۱۰- اثر صمغ قدومه شیرازی بر میزان پخش شوندگی پودر دوغ

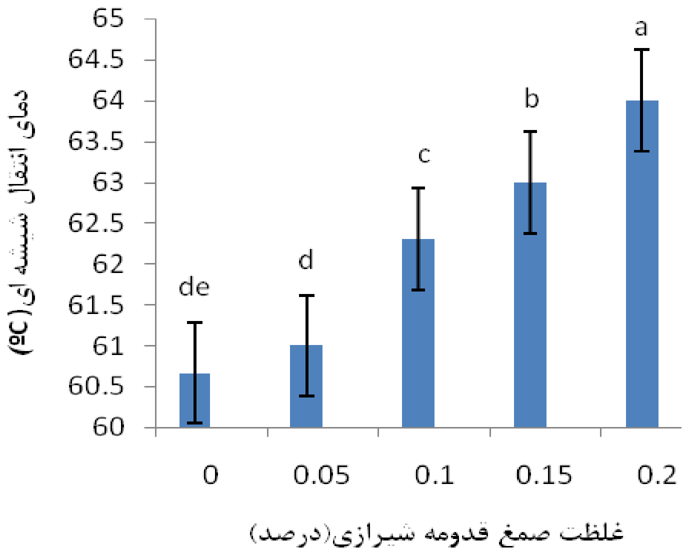
حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است($p>0/05$)

بنابراین پودری که دارای پراکنش بالایی است در مقابل پودر با پراکنش پایین زمان کمتر، نیروی کمتری برای پخش‌شدن در مایع نیاز دارد (قادری و همکاران، ۱۳۸۹). از آنجا که پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها در بسیاری از مواد غذایی حضور دارند، برهمکنش‌های بین این دو بیوپلیمر اهمیت زیادی داشته و باعث افزایش خصوصیات عملکردی آن‌ها می‌شوند. (برهمکنش‌های غیرکووالانسی) الکترواستاتیک، هیدروفوبیک، هیدروژنی و دافعه فضایی که بین بیوپلیمرها وجود دارد بر کشش بین سطحی، بار ذرات و پایداری سیستم‌های کلوئیدی نقش دارد (علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). برهمکنش پروتئین–پلی‌ساکارید در سامانه‌های کلوئیدی و امولسیون‌ها به‌طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است (Benichou *et al.*, 2002). با افزایش صمغ، میزان پخش‌شوندگی افزایش یافت و با نتایج این تحقیق در تطابق است (صادقی و همکاران، ۲۰۱۵).

اثر غلظت صمغ قدومه شیرازی بر میزان دمای انتقال شیشه‌ای پودر دوغ

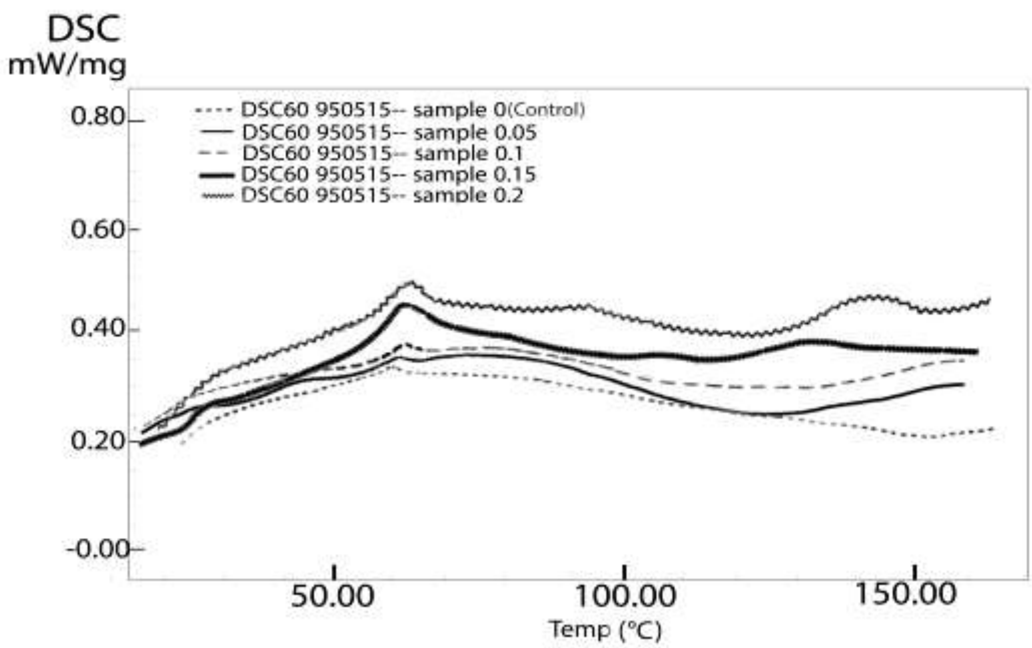
همان‌طور که در شکل‌های ۱۱ و ۱۲، مشاهده می‌شود با افزایش غلظت صمغ و کاهش رطوبت، دمای انتقال شیشه‌ای نمونه‌های پودر

افزایش یافته است و با افزایش غلظت صمغ، تفاوت افزایش می‌یابد. نمونه شاهد کمترین و نمونه ۰/۲ صمغ بیشترین دمای انتقال شیشه‌ای را داشتند (P<۰/۰۵). نتایج فوق با نتایج یگانه‌زاد و همکاران (۱۳۹۷) و رشیدی و همکاران (۲۰۱۵) در تطابق است. دمای انتقال شیشه‌ای یک ماده فوق اشباع و بی‌شکل به محدوده دمایی گفته می‌شود که ماده مورد نظر از حالت شیشه‌ای به حالت لاستیکی تغییر می‌کند (Hogan *et al.*, 2010). دمای انتقال شیشه‌ای آب خالص بسیار پایین و معادل ۱۳۵- درجه سانتی‌گراد است و از این‌رو اثر چشمگیری در پایین آوردن دمای انتقال شیشه‌ای کلی پودرهای لبنی دارد (Chuy *et al*, 1994). رشیدی و همکاران (۲۰۱۵) دمای انتقال شیشه‌ای چهار فرمول پودر دوغ بدون صمغ را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد میزان دمای انتقال شیشه‌ای با افزایش میزان رطوبت، کاهش می‌یابد که با نتایج حاضر، در تطابق است.



شکل ۱۱- اثر غلظت صمغ قدومه شیرازی بر میزان دمای انتقال شیشه‌ای پودر دوغ

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است(p>۰/۰۵)



شکل ۱۲- اثر غلظت صمغ قدومه شیرازی بر میزان دمای انتقال شیشه‌ای پودر دوغ (نمودار DSC)

نتیجه‌گیری

در این پژوهش از ماست ۱/۵ درصد چربی چوپان، نمک و آب مقطر به همراه صمغ دانه قدومه شیرازی در غلظت‌های صفر، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲درصد جهت تولید پودر دوغ استفاده شد. دوغ‌ها با استفاده از دستگاه خشک‌کن پاششی در شرایط بهینه، دبی خوراک ورودی ۴۴/۵میلی‌لیتر در دقیقه و دمای هوای ورودی خشک‌کن ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت صمغ قدومه‌شیرازی، میزان رطوبت پودر دوغ کاهش یافت. میزان اسیدیته، حلالیت، پخش‌شوندگی، اندازه ذرات و دمای انتقال شیشه‌ای پودر دوغ، افزایش و میزان دوفاز شدن کاهش یافت که نشان‌دهنده افزایش پایداری دوغ بازسازی شده از پودر دوغ و موثر بودن استفاده از صمغ قدومه‌شیرازی بوده است. با توجه به افزایش پایداری، افزایش درجه حلالیت، پخش‌شوندگی و دمای انتقال شیشه‌ای که از عوامل موثر در تولید پودرهای فوری می‌باشند، افزودن این صمغ، موجب بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی پودر دوغ گردید. با توجه به نتایج مذکور و پژوهش‌های اندک در زمینه تولید پودر دوغ، بررسی خصوصیات میکروبی پودر دوغ تولیدی و استفاده از سایر هیدوکلوئیدها جهت بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن مفید خواهد بود.

منابع

رشیدی ک، مشایخ م، مرتضویان ا.م، امیری ز. ۱۳۹۴. اثر چربی و ماده خشک بر برخی از ویژگیهای پودر دوغ تولید شده به روش آزمایشگاهی. علوم و صنایع غذایی ایران.۷۱-۱۲:۷۸ (۴۸) .

عبادتی ح، شریفی الف و نیاکوثری م، ۱۳۹۳. بهینه سازی فرایند تولید پودر دوغ با خشک کردن کف پوشی به روش سطح پاسخ، سومین همایش ملی علوم و صنایع غذایی، قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان.

قنبرزاده، ب ۱۳۸۸. مبانی رئولوژی مواد و بیوپلیمرهای غذایی، انتشارات دانشگاه تهران.

کارآموز ن، محمدی ثانی ع و رشیدی ح، ۱۳۹۵. تاثیر افزودن هیدروکلوئیدهای ژلان،کتیرا و پکتین با متوکسیل بالا در پایدارسازی دوغ.فصلنامه علوم و صنایع غذایی.شماره ۵۲، دوره ۱۳.

باقری، ل، مددلو ،ا.، ۱۳۹۲. ویژگی های رئولوژیکی و پایداری دوغ حاوی نعناع تولید شده با فناوری ژل سیال با استفاده از ترکیب پروتئین آب پنیر واسرشته-زانتان. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۳(۴).

پیغمبردوست، ه،سرابندی، خ. ۱۳۹۴ .تاثیر برخی پارامترهای تولید و زمان نگهداری بر ویژگی های جریان پذیری پودر عصاره مالت خشک‌شده به روش پاششی. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۶۰-۵۱:(۱) ۱۰

رشیدی، ک.، مشایخ،م.، مرتضویان، ا.م.، امیری، ز. ۱۳۹۴. اثر چربی و ماده خشک بر برخی از ویژگیهای پودر دوغ تولید شده به روش آزمایشگاهی. علوم و صنایع غذایی ایران. ۷۱-۷۸ : (۱۲)۴۸.

رضوی ، س.م.ع.، بستان ، آ، نیک نیا ، س.، رزمخواه ، س.۱۳۹۰. بررسی خواص عملکردی عصاره خام هیدروکلوئیدی برخی دانه‌های بومی ایران. نشریه پژوهشهای صنایع غذایی. (۳) ۲۱.

حصاری نژاد، م.ع.، رضوی، س.م.ع.، کوچکی، آ.۱۳۹۴. مطالعه خواص ویسکوالاستیک و حرارتی صمغ دانه قدومه شیرازی (Alyssum homolocarpum). پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران. ۱۲۸-۱۱۶:(۲) ۱۱.

عبادتی، ح، شریفی، ا.، نیاکوثری، م.، ۱۳۹۳. بهینه سازی فرایند تولید پودر دوغ با خشک کردن کف پوشی به روش سطح پاسخ، سومین همایش ملی علوم و صنایع غذایی، قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان.

عباسی شیرازی، ن، فرشادفر، ش. ۱۳۸۸. اثر صمغ گوار بر بافت و فراریت اسانس های اضافه شده به دوغ ایرانی.فصلنامه علوم و فناوری غذایی، ۳۹-۳۱:(۱) ۳.

علی پور، آ.، کوچکی ،آ .، کدخدایی، ر.، وریدی، م.۱۳۹۴ .بررسی اثر مخلوط صمغ قدومه شیرازی-پروتئین آب پنیر تغلیظ شده بر پایداری امولسیون روغن ذرت در آب. فصلنامه علوم و صنایع غذایی . (۱۲) ۴۸ .

کارآموز ن، محمدی ثانی، ع .، رشیدی، ح. ۱۳۹۵. تاثیر افزودن هیدروکلوئیدهای ژلان،کتیرا و پکتین با متوکسیل بالا در پایدارسازی دوغ.فصلنامه علوم و صنایع غذایی. (۱۳) ۵۲ .

قنبرزاده، ب. ۸۸ ۱۳. مبانی رئولوژی مواد و بیوپلیمرهای غذایی، انتشارات دانشگاه تهران.

کیانی، ح.، ابراهیم زاده موسوی، م. ع.، رضوی، ه.، یارمند، م. س. و دینی، ع. ۱۳۸۸. .اثر منبع و مقدار ماده خشک جامد کل دوغ بدون چربی روی پایداری و خواص رئولوژیک آن. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۵۶-۴۵:(۳) ۱۰

میلانی، ا.، هاشمی، ن.، مرتضوی، س.ع.، طباطبایی یزدی، ف.، گازرانی، س. ۱۳۹۷. بهینه سازی فرمولاسیون پودر فوری نوشیدنی بر پایه آرد بافت داده شده کنجاله بادام-ذرت. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران. ۴۹-۴۱: (۲) ۱۳.

Amiri-Rigi A, Emam-Djomeh Z, Mohammadifar MA, Mohammadi M; 2012. Spray drying of low-phenylalanine skim milk:optimization of process conditions for improving solubility and particle size. *International Journal of Food Science &Technology*. 47(1): 495-503.

Abbasi, A., Shirazi, N.,Farshad far, s. 2009.The effect of guar gum on the texture and volatility of essential oils added to Iranian buttermilk. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*.1(3).31-42.

Azarikia, F & Abbasi, S., 200۸. On the stabilization mechanism of Doogh by gum tragacanth. *Food Hydrocalloids,* 24(4): 358- 363.

Banat F, Jumah R, AL-Asheh S, Hammad S. 2002. Effect of operating Parameters on the Spray drying of tomato paste. Engineering in life sciences. 2(12):403-407.

Benichou, A., Aserin, A., & Garti, N.2002. Protein–polysaccharide interactions for stabilization of food emulsions. Journal of Dispersion Science and Technology,23:93-123.

Chegini G, Ghobadian B. 2007. Spray dryer parameters for fruit juice drying. World Journal of Agricultural Sciences. 3(2):230-236.

Chuy Le, Labuza TP. 1994. Caking and Stickiness of dariy – based Food powder,s as related to *glass transition. Journal of Food science*. 59 (1): 43 -46.

Dickkinson, E., semenova, M. G. and Antipova, A. S. 1998. Salt stability of casein emulsions Food Hydrocolloid, 12: 227- 235.

Ebadati , H.R., Sharifi, A., NiakousarI, M.2016. Optimizing the process of producing doogh powder by drying the flooring by the surface method. *Innovative food technologies*. 8(4).15-26.

Foroughi Nia, S., Abbasi, S., and Hamidi Esfahani, Z. 2008. Effect of Individual and Combined Addition of Salep, Tragacantin and and Guar Gums on the Stabilization of Iranian Doogh. Journal of Nutrition and Food Science, 2: 15-25.(in Persian).

Gaiani C, Scher J, Schuck P, Hardy J, Desobry S, Banon S; 2006. The dissolution behavior of native phosphocaseinate as a function of concentration and temperature using a rheological approach. International Dairy Journal. 16(12):1427-1434.

Ghaderi, A., Abbasi,S., Hamid, Z.2010. Possibility of producing yogurt powder using microwave-vacuum dryer *Iranian Food Science and Technology Research Journal*.6(3).210-222.

Ghorbani Gorji, E., Mohammadifar M, Ezzatpanah H, Mortazavian A.2011. Influence of three types of Iranian gum tragacanths on rheological properties and stabilization of fat-free Doogh, an Iranian yoghurt drink. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*; 6 (2):31-56.

Hardas N, Danvirivakul, s, Foley J , Nawar W, chinachoti p.,2008 . Effect of relative humidity.Rheological approach. International Dairy Journal. 16(12): 1427– 1434.

Hogan SA, Famelar MH, O Callaghan DJ, Schuck P. 2010. A novel technique for determining glass-rubber transition in dairy powder. *Journal of Food Engineering*, 99(1):76-82.

Harmayani, E. winari, S, and Nuvismanto, R. 2011. Preparation of Inulin Powder from Dioscorea Esculenta Tuber With foam Mat Drying Method. The 12. Asen Food Conference.

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 200۶. Milk and powdered milk products - Measurement of moisture content - Weight measurement method (reference method).. (ISIRI Standard No. 8781).

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 200۶. Pasteurized milk Specifications and test methods

pH &Acidity Determination. (ISIRI Standard No. 2852).

Jafari, S.M., Mahdavi Khazaei, K., Ghorbani, M., Hemati Kakhki, A.2014. Optimization of anthocyain extraction saffron,s petal with response surface methodology. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 3(1).37-50

Jai, J. M.1990.Modern Food Microbiolgy Chapman and Hill.

Kailasapathy, k. 2006. suyrival of fxee and encapsulated Probiotic bacteria and their effect on the sen sory Properties of yoghurt. *LWT*, 39:1221- 1227.

Khalilian Movahed, M., Shahidi, F., Varidi,M., Mohebbi, M., Noshad,N. 2015.Optimization of spray drying of pomegranate juice using response surface methodology. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 3(2).129-142.

Kiani, H., Mousavi, M. E., Razavi, H., and Morris, E. R. 2010. Effect of gellon, alone and in combination with high-methoxy pectin, on the structure and stability of Doogh a yogurt- based Iranian drink. *Food Hydrocolloids*, 24: 744-754.

Kiani, H., Ebrahimzadeh Mousavi, S.M.A., Razavi, S.H., Yarmand, M.S., Dina, A.2007.Effect of source and amount of total solids content on the rheol ogocal properties and stability of non- fat doogh. *Journal of agriculture engineering research*. 10(3).45-56.

Koksoy, A., and Kilic, M. 2004. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. *Food Hydrocolloids*, 18: 593-600

Koocheki, A., mortazavi,s. A. shahidi, F. , Razavi, s. M .A ., kadkhodaee, R., 8 Milani, J .2010 . Optimization of Mucilage extraction from Qodume Shirazi seed (*Alyssum homo locarpum*) using response surface methodology. *Jornal of food process* Engineering, 33, 861- 882.

Koocheki A., Taherian A.R., Razavi S., Bostan A. 2009. Response surface methodology for optimization of extraction yield, viscosity, hue and emulsion stability of mucilage extracted from *Lepidium perfoliatum* seeds. Food Hydrocolloids 23, 2369-2379.

Kumar, P. and Mishra, H. N. 2004. Yoghurt Powder-A review of Process Technology, storage and utilization. *Food and Bioproducts Processing*, 82(C2):133-142.

Loreth, C. J.Frith, W. J.Fryer, P. 2006. Mechanical and Structural Properties of Maltodextrin/Agarose Microgels Composites. Applied Rheology. Volume 17 • Issue 3.

Nijdam JJ, Langrish TAG. 2006. The effect of surfact composition on the functional properties of milk powders. *Journal of Food Engineering*. 77(4):919-925.

Rashidi K, Mashayekh M, Mortazavian A M, Amiri Z. 2015.Effects of fat and dry matter content on some properties of Doogh powder produced in laboratory scale. *Food Science and Technology*. 12 (48) :71-78

Sadeghi, Z., Ahmadzadeh Ghavidel, R. and Ghiafeh Davoodi, M. 2015. Effect of Guar Gum, Vanilla and Emulsifier (E471) on Physicochemical and Sensory Properties of Drinking Yoghurt Powder. *Int. J. Rev. Life. Sci*. 5(2): 1428-1433

Sarabandi , K., Sadeghi Mahoonak , A.2016. The effect of inlet air temperature and the amounts of maltodextrin on physicochemical properties of spray dried date palm syrup. *Innovative food technologies*.4(2).10-15

Sarabandi K, Peighambardoust S H. 2015. Effect of Some Production Parameters and Storage Time on the Flowability Characteristics of Spray-dried Malt Extract Powder. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 10 (1):51-60

Sekhavatizadeh, S., Sadeghzadehfar. S. 2013. The effect of guar gum as the fat substitute n some sensory and chemical properties of low-fat yogurt. *Innovation in food science and technology*.5:2(16).29-38

Shah, N. P.,Lankaputhra, W. E. V.,Britz,M.and Kyle,W.S.A.1995.Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* in Commercial yoghurt during refrigerated Storrage. *International Dairy Journal*, 5:515-521

Shahidi, F., Varidi,M., Mohebbi, M., Noshad,N., Khalilian Movahed, M. 2014.Optimization of spray drying of pomegranate juice using response surface methodology. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 3(2).129-142.

Shaker,R.R., Jumah,R.Y.,Tashtoush,B. and Zraiy,A.F. 1999.Manufacture of jumeed using a Spray drying Process:a Preliminary study. *International journal of Dairy Technology*, 52:77-80.

Sharifi , A., Ebadati , H.R., NiakousarI, M.2016. Optimizing the process of producing doogh powder by drying the flooring by the surface method. *Innovative food technologies*. 8 (4).15-26.

Supavititpatana, P., Wirjantoro, T.I., Apichartsrangkoon, A. & Raviyan, P. 2008. Addition of gelatin enhanced gelatin of corn milk yogurt. *Food Chemistry*, 106(1): 211-216.

Taheri,P., Ehsan, M. R., Khosravi-Darani K. 2009. Effects of Lactobacillus acidophilus La-5 on microbiological characteristics,sensory attributes and phase separation of Iranian Doogh drink during refrigerated storage. *Iranian J. Nutrition Sci. and Food Technol*, 4(3), 15-24.

Tromp, R H., De Kruif, CG, Van Eijk, M., Rolin, C., (2004).On the mechanism of stabilization of acidified milk drinks by pectin. *Food Hydrocolloids*. 18(4): 565-72.

Tuinier,R .,E . Grotenhuis, and c.G.de kruif. 2002 .the effect of depolymerized guar gum on the stability of skim milk. *Food Hydrocolbiods.* 14- 17.

Wal,stra , p. 2003 . Colloidal Interactions. In wdstra peditor.Phy,sical chemistry of foods. New York, marcel Dekker Inc, 437- 476.

Yeganehzad, S, Zendeboodi,F., Sadeghian ,A. 2018.Production of carbohydrate-protein beverage powder containing date juice by spray drying method: the effect of drying carriers on the physical properties of beverage powder. *Iranian Food Science and Technology*.15(78).43-54.

Xu, D., Wang, X., Jiang, J., Yuan, F., and Gao, Y. 2012. Impact of whey protein – Beet pectin conjugation on the physicochemical stability of β-carotene emulsions. *Journal of Food Hydrocolloids*, 28(2): 258-266

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 5, Dec- Jan 2021, p. 803-817

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۵، آذر- دی ۱۴۰۰، ص.۸۱۷ -۸۰۳

The effect of *Alyssum homolocarpum* seed gum on physicochemical properties of powdered doogh produced by spray drying method

N. Bazazian[1], A. Arianfar[2*]

Received: 2020.04.26
Accepted: 2020.11.11

Introduction: Doogh is a fermented milk drink mixed with water and a little salt. The production and exportation of dough as a native Iranian fermented beverage has grown steadily in recent years. One of the disadvantages that causes corrosion and increases doogh deterioration is the spoilage caused by the activity of molds and yeasts. The common method for increasing shelf life of food (such as doogh) is drying by using spray dryer that eventually lead to reducing the volume, costs of carrying and easy usage. The objective of this study was to produce a doogh powder by spray drying method and investigate the effect of *Alyssum homolocarpum* seed gum on its physicochemical properties.

Material and Methods: In this study, yogurt (1.5% fat), salt, distilled water, maltodextrin (GPC brand), and *Alyssum homolocarpum* seed gum were used. *Alyssum homolocarpum* seed gum was cleaned and the foreign particles were separated. The whole grain gum was extracted using distilled water in a water-to-seed ratio of 30 to 1 with a pH of about 8 and a temperature of 48°C and dried at 70°C in a vacuum oven and then powdered. Brine (7% salt) was prepared with boiled distilled water at 80°C. After dissolution, a certain amount of *Alyssum homolocarpum* seed gum was added (at concentrations of 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2% separately). The solution was stirred for 10 minutes with a magnetic stirrer at 60°C. After complete dissolution, 40g of yogurt (1.5% fat with pH=4.1) was added to gum solution. The final volume of doogh was at 100g. To completely dissolve the particles, a magnetic stirrer with a speed of 2000 rpm for 15 minutes at 60°C was used. The temperature was then reduced to 20°C and the final product was packed in 500 ml bottles. Doogh was dried using a spray dryer in optimal conditions, feed intake flow of 44.5 ml/ min and drying temperature of 190°C. The physicochemical properties of dough powder such as pH, acidity, moisture content, dry matter, solubility, dispersability, and serum separation as well as glass transition temperature and particle size were determined. Doogh treatments consisted of 0.05, 0.1, 0.15 and 0.2% containing *Alyssum homolocarpum* seed gum and also a control sample. All the experiments were performen in triplicate. The results were analyzed as means± standard deviation (SD). Thus, the data were determined using the software SPSS (2013). Statistical differences were analyzed by variance (ANOVA) and Duncan’s multiple range test (P values <0.05).

Results and Discussion: The results showed that by increasing the *Alyssum homolocarpum* seed gum , moisture and serum separation were decreased and acidity, dry matter, solubility, dispersability ,particle size and glass transition temperature were increased. With increasing gum concentration from 0.05 to 0.1 and from 0.15 to 0.2%, the acidity increased significantly ($P<0.05$).The rate of dehydration of samples containing different percentages of gum after three weeks showed that the use of *Alyssum homolocarpum* seed gum significantly reduced serum segregation. The results showed that by increasing the concentration of gum, the particle size of the dough powder was significantly reduced ($p<0.05$).With the increase in the amount of gum, the rate of diffusion increased significantly ($P<0.05$).With increasing gum concentration and decreasing moisture, the glass transfer temperature of the powder samples increased. The control sample had the lowest and the 0.2 gum treatment had the highest glass transfer temperature ($P<0.05$).

Key words: Doogh powder, Spray dryer, *Alyssum homolocarpum*, physicochemical properties

1 and 2: Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan,Iran.
(* Corresponding authors Email: a_aria_1443@yahoo.com)